Journal of Water and Soil
Vol. 35, No. 6, Feb.-Mar. 2022, p. 763-778

نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۵، شماره ۶، بهمن – اسفند ۱۴۰۰، ص. ۷۷۸-۷۶۳

مقاله پژوهشی

تخصیص بهینه مخازن ذخیره سطحی با استفاده از روش سلسله مراتب فازی (مطالعه موردی: سد مخزنی شهرچای ارومیه)

الهام رضایی[۱]- مجید منتصری[۲]*- حسین رضایی[۳]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۲/۰۵
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۹/۰۱

چکیده

اولویت‌بندی تخصیص بهینه آب مخازن ذخیره جریان سطحی برای مصارف مختلف (شرب، کشاورزی، صنعت، محیطزیست و ...) در مناطق خشک و نیمه‌خشک مانند ایران به دلیل دامنه تغییرات و عدم قطعیت بالای جریان‌های ورودی به مخزن و وقوع خشکسالی‌های متناوب از اهمیت بالایی برخوردار می‌باشد. بدین منظور روش سلسله مراتب فازی (FAHP) به‌عنوان یک روش فرمول‌بندی مناسب در اولویت‌بندی تخصیص آب در سیستم منابع آبی پیشنهاد و استفاده می‌شود. لذا در این مطالعه اولویت‌بندی تخصیص آب برای مصارف مختلف سد مخزنی شهرچای واقع در بالادست کلان‌شهر ارومیه، در یک مطالعه میدانی و با استفاده از روش سلسله مراتبی فازی انجام پذیرفته است. این مطالعه میدانی بر اساس پرسش‌نامه از متخصصان و صاحب‌نظران صنعت آب منطقه بوده و مدل تصمیم‌گیری بر اساس داده‌های میدانی در یک فرآیند سلسله مراتبی فازی به ازای عوامل مؤثر کمی و کیفی توسعه‌یافته است. در فرایند مذکور، سه معیار اصلی اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی و چهار زیرمعیار درآمد، سطح زیر کشت، اشتغال‌زایی و جمعیت برای شش گزینه از آب‌بران کشاورزی، شرب، نیاز زیست‌محیطی دریاچه ارومیه، تغذیه آب زیرزمینی، صنعت و تفریحی در نظر گرفته شده است. نتایج نشان داد که معیار اقتصادی با وزن ۰/۴۷ نسبت به دو معیار اصلی دیگر بیشترین اهمیت را دارد. افزون بر آن تخصیص آب به بخش شرب شهری با وزن ۰/۳۳ در اولویت اول، کشاورزی، دریاچه ارومیه، صنعت، آب زیرزمینی و تفریحی به ترتیب در اولویت‌های بعدی قرار گرفتند. نتایج مذکور نشان از وابستگی شدید اقتصاد منطقه به توسعه صنعت کشاورزی و تولیدات آن بوده و تأمین آب شرب و کشاورزی و همچنین دریاچه ارومیه به ترتیب جهت تأمین آسایش، نیاز اصلی فعالیت‌های اقتصادی و حفظ اکوسیستم منطقه دارای اولویت اصلی در برنامه‌ریزی و مدیریت سد شهرچای ارومیه هستند.

واژه‌های کلیدی: تخصیص آب، سلسله مراتب، فازی، شهرچای، FAHP

مقدمه

محدودیت منابع آب تجدید پذیر، توسعه زندگی شهری و افزایش تقاضا آب برای مصارف مختلف از یک‌سو و استفاده بی‌رویه و اختلافات عدیده بهره‌برداران از این منابع از سوی دیگر، توسعه پایدار سیستم‌های منابع آب و اولویت‌بندی تخصیص مصارف مختلف را اجتناب‌ناپذیر نموده است (۱۳). بدین منظور استفاده از روش‌های "تصمیم‌گیری گروهی" و "چندمعیاره" جهت پاسداری از حقوق تمام بهره‌برداران در اولویت‌بندی تخصیص آب از منابع آب مشترک دارای اولویت بالایی است (۱۸). سیستم مخازن ذخیره جریان سطحی (سدها) با اهداف مختلفی مانند تأمین تقاضا، کنترل سیلاب، تولید انرژی، حفظ محیطزیست و ... احداث می‌شوند و در اغلب مواقع یکی از منابع اصلی تأمین آب برای مصارف مختلف مانند شرب، کشاورزی، صنعت، نیاز زیست‌محیطی، تفریح و گردشگری و غیره در نقاط مختلف دنیا است (۱۶). لذا توسعه الگوی بهینه بهره‌برداری و اولویت‌بندی تخصیص در مخازن ذخیره خصوصاً در مناطق خشک و نیمه-خشک مانند ایران با عدم قطعیت بالای جریان‌های ورودی به مخزن و وقوع خشکسالی‌های متناوب از اهمیت بالایی برخوردار می‌باشد. در این راستا روش سلسله مراتبی فازی به‌عنوان یک تکنیک با قابلیت لازم در اولویت‌بندی تخصیص پیشنهاد شده است (۲۰).

۱، ۲ و ۳- به‌ترتیب دانش آموخته کارشناسی ارشد مهندسی منابع آب و استادان گروه مهندسی آب، دانشگاه ارومیه
(*- نویسنده مسئول: Email: m.montaseri@urmia.ac.ir)
DOI: 10.22067/JSW.2021.68472.1018

روش سلسله مراتبی AHP[1] دربرگیرنده مجموعه‌ای از قضاوت‌ها و ارزش‌گذاری به یک شیوه منطقی است، به‌طوری‌که ازیک‌طرف وابسته به تصورات شخصی در طرح‌ریزی سلسله مراتبی یک مسئله است و از طرف دیگر با منطق، درک و تجزیه برای تصمیم‌گیری و قضاوت نهایی مرتبط می‌شود (۱۴). از طرف دیگر سیستم‌های فازی، سیستم‌هایی مبتنی بر دانش و قواعد هستند و از مشخصه‌های آن‌ها توانایی تقسیم‌بندی اطلاعات می‌باشد و به علت بالا بودن قدرت تبیین بیشتر نسبت به یک عدد، در علوم مختلف از آن‌ها به‌منظور تعمیم اطلاعات استفاده می‌شود (۲۴). با وجود مزایای بسیار AHP، به‌کارگیری این روش دارای محدودیت‌های زیر است: ۱) این روش اساساً در کاربردهای تصمیم‌گیری Crisp (غیر فازی) قابل استفاده است؛ ۲) مقیاس نامتعادل قضاوت را مورد بررسی قرار می‌دهد؛ ۳) عدم اطمینان‌های موجود در قضاوت‌های فردی را در نظر نمی‌گیرد؛ ۴) قضاوت‌های ذهنی، انتخاب و عملکرد تصمیم گیران تأثیر بسیار زیادی در نتایج آن دارد. به‌طوری‌که ارزیابی‌های افراد از شاخص‌های کیفی اغلب ذهنی و غیردقیق است. بنابراین AHP متعارف و کلاسیک، در دستیابی دقیق نیازمندی‌های تصمیم‌گیران ناکافی و ناکارآمد به نظر می‌رسد و قادر به انعکاس کامل تفکر بشری نیست (۳۱). به‌منظور مدل‌سازی این نوع از عدم اطمینان‌ها در ترجیحات افراد بشر، تئوری مجموعه‌های فازی با مقایسه‌های زوجی در فرآیند تحلیل سلسله مراتبی ترکیب می‌شود. به‌این‌ترتیب درک دقیق‌تری از فرآیند تصمیم‌گیری ارائه شده حاصل می‌شود (۲۶). به‌منظور استفاده از مزایای هر دو روش فازی و AHP، همچنین غلبه بر نقاط ضعف آن‌ها، لارهون و پیدریز در سال ۱۹۸۳ اولین بار اصول منطق فازی را در تحلیل سلسله مراتبی بکار بردند (۱۷). روش‌های تحلیل سلسله مراتبی فازی در سه دهه اخیر برای سیاست‌گذاری و مدیریت بهینه در سیستم‌های مختلف منابع آب در نقاط مختلف دنیا بکار گرفته شده که ذیلاً به مواردی در راستای این مطالعه اشاره شده است.

ساسیکمار و موجومدار (۲۵) یک مدل چند هدفه فازی را برای مدیریت کیفی رودخانه‌ها در هند را پیشنهاد نمودند. در تحقیق ایشان، اهداف کیفی سازمان‌های مسئول حفاظت کیفی رودخانه و تخلیه کننده‌های آلاینده‌های مختلف به رودخانه به‌صورت فازی در نظر گرفته شد. نتایج مطالعه نشان داد که مدل چند هدفه فازی انعطاف‌پذیری لازم را برای سازمان حفاظت کیفی و تخلیه کننده‌های آلاینده‌ها فراهم کرده تا خواسته‌های خود را به‌طور مستقل مشخص کنند. چونتین (۸) بر اساس ویژگی‌های سیلاب‌های رودخانه یانگتسه و تئوری مجموعه‌های فازی، یک مدل بهینه فازی را برای مدیریت سیلاب رودخانه توسعه دادند. در این مطالعه سیستم رودخانه به سه زیر سیستم با اهداف کنترل سیلاب خاص تقسیم و در نهایت، عملکرد مدل توسعه‌یافته با سه سیلاب تاریخی مورد ارزیابی و تأیید قرار گرفت. روش تصمیم‌گیری چندمعیاره فازی و کاربرد آن در مدیریت و کنترل سیل به کمک مخازن تأخیری توسط فو (۹) مورد استفاده قرار گرفت. در این مطالعه معیارهای کمی هر جایگزین توسط اعداد فازی مثلثی و وزن هر معیار با اصطلاحات توصیفی تعریف شده و رتبه‌بندی گزینه‌ها بر اساس درجه عضویت فازی و بدون نیاز به مقایسه اعداد فازی تعیین شده است. نتایج بیانگر مؤثر و انعطاف‌پذیر بودن روش پیشنهادی در مدیریت و کنترل سیلاب بود. لولی و همکاران (۱۹) با استفاده از یک روش FAHP[2] به ارزیابی آسیب‌پذیری اکوسیستم و محیط زیست نواحی اطراف سد مخزنی دنجیانگکو (DRA) در چین پرداختند. این مطالعه نشان داد که روش پیشنهادی یک روش مؤثر برای ارزیابی آسیب‌پذیری زیست‌محیطی بوده و نتایج آن انعکاس دقیق و واقعی از آسیب‌پذیری محیط‌زیست محدوده مطالعاتی را بیان می‌کند. قاسمی و همکاران (۱۱) به بررسی کاربرد روش تحلیل سلسله مراتبی فازی در تعیین گزینه بهینه نمک‌زدایی از آب‌های لب‌شور پرداختند. گزینه‌های نمک‌زدایی مورد بررسی در این تحقیق شامل اسمز معکوس، الکترودیالیز، تقطیر ناگهانی، تقطیر چند مرحله‌ای، تراکم بخار و تبادل یونی بود. نتایج دلالت بر آن داشت که فرآیند الکترودیالیز وزن نهایی ۰/۲۵۵ مناسب‌ترین فرآیند نمک‌زدایی از آب‌های لب‌شور زیرزمینی برای منطقه مورد مطالعه است. تحلیل حساسیت فرآیند تصمیم‌گیری نیز نشان داد که مدل ارائه شده، در مقابل جابه‌جایی وزن معیارها از حساسیت پایینی برخوردار است. نادر و همکاران (۲۱) به بررسی تخصیص آب سد مهاباد پرداخته و در آن به‌منظور تعیین اولویت تخصیص آب و تأمین اهداف مذکور، از ترکیب روش‌های سلسله مراتبی فازی و برنامه‌ریزی آرمانی استفاده کردند. ساختار سلسله مراتبی دارای ۳ معیار و ۶ زیر معیار برای ۵ گزینه، به‌منظور تعیین اولویت تخصیص آب سد به گزینه‌های استفاده‌کننده طراحی شده بود و در نهایت گزینه تأمین آب بخش کشاورزی با وزن نهایی ۰/۳۶ نسبت به دیگر گزینه‌ها از ارجحیت بیشتری برخوردار بود. افزون بر این، الگوی کشت بهینه نشان داد که سطح زیر کشت گندم در تمامی اولویت‌ها بایستی از بیشترین مقدار برخوردار باشد. طالبی و همکاران (۲۹) در اولویت‌بندی تخصیص آب سد مخزنی سنندج با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی فازی (FAHP) به این نتیجه رسیدند که معیار اقتصادی با وزن جزئی ۰/۳۵۱ نسبت به دو معیار اجتماعی و محیط‌زیست بیشترین اهمیت را دارد. شهرکی و همکاران (۲۸) به بررسی

1- Analytic Hierarchy Process

2- Fuzzy Analytic Hierarchy Process

رویکردهای مدیریتی بهره‌برداری منابع آب منطقه سیستان با استفاده از تحلیل سلسله مراتب فازی پرداخت در این مطالعه از تکنیک تحلیل سلسله مراتبی فازی جهت تعیین اولویت منابع آب منطقه سیستان با رویکردهای مدیریتیِ اقتصادی، اجتماعی، فنی و زیست‌محیطی استفاده شده است. نتایج نشان داد بر اساس سه رویکرد اقتصادی، اجتماعی و فنی، بخش کشاورزی با بیشترین وزن، در اولویت اول قرار گرفته است. در رویکرد زیست‌محیطی، بخش محیط‌زیست (تالاب هامون) به‌عنوان گزینه برتر و کشاورزی و شرب در اولویت دوم و سوم قرار گرفت. با توجه به قرار گرفتن بخش کشاورزی در اولویت اول در سه رویکرد مدیریتی مسئولان به این بخش توجه ویژه‌ای دارند. بهمنی‌پور و همکاران (۶) به بررسی کاربرد روش تحلیل سلسله مراتبی فازی در مدیریت یکپارچه منابع آب شهرستان نی‌ریز پرداخته و نتایج نشان دادند که از بین معیارهای اقتصادی، اجتماعی، زیست‌محیطی و فنی، معیار اجتماعی بیشترین تأثیر را در فرآیند ارزیابی دارد و در میان راهکارهای تدوین شده، تغییر کاربری آب در رتبه نخست و بعد از آن کاهش تخلیه آب زیرزمینی در رتبه دوم قرار گرفت. آذرین‌وند و همکاران (۵) به بررسی مدیریت آب و محیط‌زیست در حوضه آبریز دریاچه ارومیه با استفاده از فرآیند تحلیل سلسله مراتب فازی (FAHP) پرداخته، بر اساس اولویت‌بندی نهایی، مدیریت منابع انسانی و ارتقا مشارکت ذینفعان نسبت به سایر گزینه‌های استراتژیک برتر بوده است. امیدی و همکاران (۲۲) ارزیابی بهره‌وری آب در یک شبکه آبیاری در ایران با استفاده از روش‌های سلسله مراتبی (AHP) و شبکه عصبی (ANP) و مقایسه آن با روش‌های سلسله مراتب فازی (FAHP) و شبکه عصبی فازی (FANP) پرداختند. نتایج نشان داد بهره‌وری اقتصادی فیزیکی آب و بهره‌وری کل فاکتورها به‌عنوان مناسب‌ترین عوامل بهره‌وری آب و عملکرد است، در حالی که آب‌وهوا و قیمت آب مهم‌ترین عوامل مؤثر بر بهره‌وری آب بودند. عثمان و همکاران (۲۳) به شناسایی عوامل اصلی مؤثر در عدم تعادل جریان‌های حمل‌ونقل در بندرهای کوچک در مقیاس بزرگ در مالزی با رتبه‌بندی همه عوامل ممکن با استفاده از روش تصمیم‌گیری سیستماتیک معروف به FAHP پرداختند. نتایج نشان داد که "عوامل اقتصادی" عامل اصلی این عدم تعادل در بنادر کوچک مالزی می‌باشد. شاهر و همکاران (۲۷) به بررسی مدیریت تلفات آب در سیستم‌های آبرسانی با استفاده تکنیک‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره پرداختند. در این بررسی روش سلسله مراتبی AHP با روش سلسله مراتب فازی FAHP مورد مقایسه قرار گرفت و تجزیه‌وتحلیل حساسیت نشان داد که رتبه‌بندی استراتژی‌ها نسبت به وزن معیارهای با اهمیت بالاتر حساس است و توانایی FAHP برای مقابله با مسائل پیچیده در مدیریت اتلاف آب بیشتر می‌باشد. خاشئی و همکاران (۱۵) به بررسی دو روش تصمیم‌گیری چندمعیاره AHP و FAHP برای تعیین مناطق مناسب برای برداشت آب آشامیدنی پرداختند. در این مطالعه از ۱۰ پارامتر برای معیارهای تصمیم‌گیری استفاده گردید. مقادیر آن‌ها با استفاده از AHP و FAHP محاسبه و بر اساس تأثیر مقدار هر پارامتر بر روی لایه پهنه‌بندی، تمام لایه‌های پهنه‌بندی در دو لایه نهایی در GIS ادغام شدند. مقایسه‌ها نشان می‌دهد لایه نهایی FAHP نسبت به لایه نهایی AHP بیشتر با واقعیت مطابقت دارد. عباسی نیا و همکاران (۱) برای اولویت‌بندی اضطراری در صنعت پتروشیمی از رویکرد فرآیند تحلیل سلسله مراتب فازی– تاپسیس استفاده کردند. در این مطالعه رویکرد موارد اضطراری در صنعت پتروشیمی از جمله ذخیره انرژی در مواد شیمیایی، نشت هیدروژن در قسمت سیلندر و نشت شدیدی گاز در توربین‌های نیروگاهی با اولویت بالا مورد شناسایی قرار گرفته و بایستی در برنامه‌ریزی و مدیریت صنعت مذکور جهت کنترل شرایط و جلوگیری از بروز بحران مورد توجه قرار گیرد.

رودخانه شهرچای به دلیل قرار داشتن در مرکز سیاست‌گذاری و مدیریت صنعت آب استان آذربایجان غربی و از طرف دیگر با داشتن سد مخزنی چندمنظوره جهت تأمین آب شرب شهر ارومیه، آب کشاورزی بخشی از دشت وسیع ارومیه، حقابه دریاچه ارومیه، نیاز محیط‌زیستی پایین‌دست و گردشگری (محل سد و مسیر رودخانه در داخل شهر ارومیه)، تفریحات آبی (ساحل دریاچه ارومیه و دریاچه‌های کوچک مسیر رودخانه در داخل شهر)، آب صنعت (صنایع تبدیلی محصولات کشاورزی) و تغذیه سفره‌های آب زیرزمینی دارای اهمیت بسیار بالایی بوده و به‌عنوان یک رودخانه شاخص از جنبه برنامه‌ریزی و مدیریت منابع آب‌های سطحی در حوضه آبریز دریاچه ارومیه محسوب می‌شود. لذا در این پژوهش در راستای یک سیاست‌گذاری و مدیریت پایدار و استفاده بهینه از آب رودخانه شهرچای، اولویت‌بندی تخصیص آب رودخانه مذکور بین مصارف مختلف شرب، کشاورزی، صنعت، تفریحی، زیست‌محیطی و دریاچه ارومیه با استفاده از روش سلسله مراتبی فازی (FAHP) و بر اساس یک مطالعه میدانی از کارشناسان و پژوهشگران صنعت آب در سازمان‌ها و مراکز مختلف استان آدربایجان غربی (جهاد کشاورزی، آب منطقه ای، دانشگاه ارومیه، محیط زیست و ستاد احیای دریاچه ارومیه) انجام پذیرفته است.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه و داده‌ها

حوضه آبریز رودخانه شهرچای در غرب دریاچه ارومیه و در استان آذربایجان غربی واقع شده است. مساحت حوضه آبریز رودخانه شهرچای در محل سد مخزنی ۳۹۶ کیلومتر مربع، حداقل ارتفاع حوضه ۱۲۷۸ (تخلیه به دریاچه) و حداکثر ارتفاع آن ۳۵۷۶ متر می‌باشد. رودخانه شهرچای از دو شاخه بنام‌های کاسه‌لو و میرسه

تشکیل یافته است. دشت تحت پوشش رودخانه شهرچای (دشت ارومیه) در موقعیت ۰۰°۴۵ تا ′۱۶ ° ۴۵ طول شرقی و ′۳۰ °۳۷ تا ′۳۶ ° ۳۷ عرض شمالی قرار گرفته است و از غرب به روستای بند و ارتفاعات آن، از شرق به دریاچه ارومیه، از شمال به اراضی آبخور روضه‌چای و از جنوب به اراضی آبخور رودخانه باراندوزچای محدود می‌باشد. رودخانه شهرچای دائمی بوده و از ارتفاعات مرزی ایران و ترکیه بنام کوه شهیدان سرچشمه می‌گیرد و بعد از امتداد یافتن در جهت غرب به شرق از شهر ارومیه گذشته و وارد دشت ارومیه گردیده و سرانجام در پایین‌دست ناحیه کشتیبان به دریاچه ارومیه تخلیه می‌گردد (شکل ۱). احداث سد شهرچای بر روی این رودخانه در بالادست شهر ارومیه و گذر رودخانه از میانه شهر ارومیه، بحث نیاز زیست‌محیطی رودخانه و دریاچه ارومیه، اولویت تخصیص آب در این رودخانه را جهت برنامه‌ریزی پایدار یا درازمدت به‌صورت جدی مطرح نموده است (۳). داده‌ها این تحقیق بر اساس یک مطالعه میدانی پرسشنامه‌ای از متخصصین و کارشناسان و پژوهشگران صنعت آب منطقه گردآوری و تعیین شده که کلاً شامل ۴۰ پرسشنامه با تفکیک سازمانی زیر است: سازمان جهاد کشاورزی استان آذربایجان غربی (۱۰ عدد پرسشنامه)- شرکت سهامی آب منطقه‌ای آذربایجان‌غربی (۱۰ عدد پرسشنامه)- دانشکده‌های کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه ارومیه (۱۰ عدد پرسشنامه)- اداره کل حفاظت محیط زیست آذربایجان غربی (۶ عدد پرسشنامه)- دفتر استانی ستاد احیای دریاچه ارومیه (۴ عدد پرسشنامه). پرسشنامه‌های مذکور جهت وزن‌دهی معیارها و گزینه‌ها شامل ۳ معیار، ۴ زیرمعیار و ۶ گزینه مورد استفاده قرار گرفته و میزان اهمیت آن‌ها به صورت ۹ گزینه بیانی مطابق جدول (۱) توصیف شده است.

تحلیل سلسله مراتبی فازی FAHP

فرآیند تحلیل سلسله مراتبی منعکس‌کننده رفتار طبیعی و تفکر انسانی بوده و دارای یک مبنای تئوریک قوی و بر اساس اصول بدیهی بنا شده است. این روش احساسات و منطق افراد را در رابطه با موضوعات موردنظر منعکس نموده و سپس قضاوت‌های مختلف افراد را در قالب نتیجه‌ای با هم ترکیب می‌نماید که با انتظارات درونی افراد همخوانی دارد. در حالی که قضاوت‌های ذهنی از دیدگاه ریاضی دقیق نبوده و امکان ابهام و عدم قطعیت در نتایج را به وجود می‌آورد. لذا روش تحلیل سلسله مراتبی فازی جهت رفع یا حل محدودیت مذکور در بررسی مسائل سلسله مراتبی توسعه‌یافته است (۱۰). در این شرایط، تصمیم‌گیرندگان معمولاً قضاوت خود را در قالب یک بازه به‌جای یک ارزش ثابت انجام می‌دهند که بسیار مطمئن‌تر است و همچنین تصمیم‌گیرنده قادر نیست ترجیحات صریحی در خاصیت فازی فرآیند مقایسه داشته باشد (۱۰).



شکل ۱- نمای کلی رودخانه شهرچای

Figure 1- General view of Shahrchay river

جدول ۱- طیف فازی و عبارت کلامی متناظر

Table 1- Fuzzy range and corresponding verbal expression

عدد فازی Fuzzy number	عبارات کلامی Verbal expressions
(1.00 , 1.00 , 1.00)	ترجیح برابر (Equal preference)
(1.00 , 1.50 , 1.50)	ترجیح کم تا متوسط (Low to medium preference)
(1.00 , 2.00 , 2.00)	ترجیح متوسط (Medium preference)
(3.00 , 3.50 , 4.00)	ترجیح متوسط تا زیاد (Medium to high preference)
(3.00 , 4.00 , 4.50)	ترجیح زیاد (High preference)
(3.00 , 4.50 , 5.00)	ترجیح زیاد تا خیلی زیاد (High preference to very high)
(5.00 , 5.50 , 6.00)	ترجیح خیلی زیاد (Too much preference)
(5.00 , 6.00 , 7.00)	ترجیح خیلی زیاد تا کاملاً زیاد (Preference is very high to quite high)
(5.00 , 7.00 , 9.00)	ترجیح کاملاً زیاد (Quite a lot of preference)

تحلیل توسعه‌ای یکی از ساده‌ترین و متداول‌ترین روش‌های تحلیل چندمعیاره فازی بوده که مبتنی بر استفاده از اعداد فازی مثلثی و مقایسه‌های زوجی است و توسط چانگ در سال ۱۹۹۲ توسعه یافته است. در این روش پس از تشکیل سلسله مراتب تصمیم‌گیری، با توجه به میزان اهمیت هر معیار یا گزینه یک عدد فازی مثلثی به آن اختصاص می‌یابد و ماتریس‌های مقایسه زوجی برای هر سطح از سلسله مراتب ایجاد می‌شود. عدد فازی مثلثی نوع خاصی از اعداد فازی است که با استفاده از سه تایی مرتب (l,m,u) تعریف می‌گردد. در هر عدد فازی، l حد پایین، m مقدار میانی، u حد بالایی است (۷). مراحل مختلف روش توسعه چانگ به‌صورت ذیل است:

گام ۱- ترسیم درخت سلسله مراتبی: در هر تحلیل چندمعیاره رسم نمودار سلسله مراتبی (درخت تصمیم) یکی از گام‌های اساسی اولیه است. در این مرحله ساختار سلسله مراتب تصمیم با استفاده از سطوح هدف، معیار و گزینه ترسیم می‌شود (۴،۷).

گام ۲- تعریف اعداد فازی به‌منظور انجام مقایسه‌های زوجی: در این مرحله لازم است اعداد فازی را برای انجام مقایسه‌های زوجی تعریف کرد تا خبرگان طبق آن نسبت به ارائه پاسخ‌های خود اقدام نمایند (۷).

گام ۳- تشکیل ماتریس مقایسات زوجی: با استفاده از نظر تصمیم‌گیرنده، ماتریس مقایسات با بهره‌گیری از اعداد فازی مثلثی بر اساس میانگین حسابی نظرات چندین تصمیم‌گیرنده مطابق رابطه ۱ تشکیل می‌شود. اگر n اولویت وجود داشته باشد، اندازه ماتریس مقایسه زوجی A_{n*n} خواهد بود (۲، ۷ و ۳۰).

$$A_{n*n}=\begin{bmatrix}\tilde{a}_{11} & \tilde{a}_{12} & \cdots & \tilde{a}_{1n}\\ \tilde{a}_{21} & \tilde{a}_{22} & \cdots & \tilde{a}_{2n}\\ \vdots & \vdots & & \vdots\\ \vdots & \vdots & & \vdots\\ \tilde{a}_{n1} & \tilde{a}_{n2} & & \tilde{a}_{nn}\end{bmatrix} \qquad (1)$$

که در آن $\tilde{a}_{ij}$ $\left(\tilde{a}_{ii}=1\,,\tilde{a}_{ij}\neq 0\,,\tilde{a}_{ji}={}^{1}/_{\tilde{a}_{ij}}\right)$، اهمیت نسبی اولویت i نسبت به اولویت j می‌باشد. میانگین حسابی نظرات تصمیم‌گیرندگان از رابطه ۲ بدست می‌آید:

$$\tilde{a}_{ij}=\frac{\sum_{k=1}^{K}\tilde{a}_{ij}^{k}}{K} \qquad ,i,j=1.2\ldots.n \qquad (2)$$

که در رابطه فوق K تعداد تصمیم‌گیرندگان می‌باشد (۴).

گام ۴ – محاسبه مجموع عناصر سطر:

$$\tilde{M}_i=\sum_{j=1}^{n}\tilde{a}_{ij} \qquad ,i=1.2\ldots.n \qquad (3)$$

گام ۵- مقدار ترکیبی فازی $\tilde{S}_i$ نسبت به i امین معیار (نرمالیز کردن) با استفاده از رابطه ۴ محاسبه می‌شود (۷ و ۲۷).

$$\tilde{S}_i=\sum_{j=1}^{m}M_{gi}^{j}\otimes\left(\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{m}M_{gi}^{j}\right)^{-1} \qquad (4)$$

که در آن ⊗ به معنی ضرب گسترده دو عدد فازی است و هر یک از اعداد فازی به دست آمده، نشان‌دهنده وزن نسبی یک معیار (یا گزینه) نسبت به یک معیار دیگر می‌باشد. در این رابطه M_{gi}^{j} اعداد فازی مثلثی ماتریس مقایسه‌های زوجی هستند. g بیانگر شماره سطر

i و j به‌ترتیب، نشان‌دهنده گزینه‌ها و شاخص‌ها هستند. مقادیر $\sum_{j=1}^{m} M_{gi}^{j}$ و $\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{m} M_{gi}^{j}$ و $\left[\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{m} M_{gi}^{j}\right]^{-1}$ در رابطه ۴ به‌صورت زیر محاسبه می‌شود (۷ و ۲۷):

$$\sum_{j=1}^{m} M_{gi}^{j} = \left(\sum_{j=1}^{m} u_j\,,\ \ \sum_{j=1}^{m} m_j\,,\ \ \sum_{j=1}^{m} l_j\right) \qquad (۵)$$

$$\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{m} M_{gi}^{j} = \left(\sum_{i=1}^{n} u_i\,,\ \ \sum_{i=1}^{n} m_i\,,\ \ \sum_{i=1}^{n} l_i\right) \qquad (۶)$$

$$\left[\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{m} M_{gi}^{j}\right]^{-1} = \left(\frac{1}{\sum_{i=1}^{n} u_i},\ \ \frac{1}{\sum_{i=1}^{n} m_i},\ \ \frac{1}{\sum_{i=1}^{n} l_i}\right) \qquad (۷)$$

در این صورت رابطه ۴ به ترتیب زیر به دست می‌آید (۷ و ۲۷):

$$\tilde{S}_i = \left(\frac{u_i}{\sum_{i=1}^{n} u_i},\ \ \frac{m_i}{\sum_{i=1}^{n} m_i},\ \ \frac{l_i}{\sum_{i=1}^{n} l_i}\right) \qquad (۸)$$

گام ۶- تعیین درجه احتمال بزرگ‌تر بودن: چنانچه $\widetilde{M}_1$ و $\widetilde{M}_2$ دو عدد فازی مثلثی باشند درجه بزرگ‌تر بودن عدد مثلثی فازی $\widetilde{M}_2 = (l_2.m_2.u_2)$ نسبت به عدد مثلثی فازی $\widetilde{M}_1 = (l_1.m_1.u_1)$ با استفاده از رابطه ۹ تعریف می‌شود (۷ و ۲۷).

$$V(\widetilde{M}_2 \geq \widetilde{M}_1) = sub_{y\geq x}\left[\min(\mu_{\widetilde{M}_1}(x)\ .\ \mu_{\widetilde{M}_2}(y))\right] \qquad (۹)$$

که در آن x و y ارزش توابع عضویت هر معیار روی محور تابع فازی به شمار می‌روند. $\mu_{\widetilde{M}k}$ درجه عضویت عدد فازی $\widetilde{M}_k$ می‌باشد (k تعداد اعداد فازی محدب). بنابراین رابطه (۹) این‌گونه بازنویسی می‌شود (۷ و ۲۷):

$$V(\widetilde{M}_2 \ \geq\ \widetilde{M}_1) = hgt(\widetilde{M}_1 \cap \widetilde{M}_2) = \mu_{M_2}(d) = \begin{cases} 1 & m_2 > m_1 \\ 0 & l_1 > u_2 \\ \dfrac{l_1 - u_2}{(m_2 - u_2) - (m_1 - l_1)} & \text{در غیر این صورت} \end{cases} \qquad (۱۰)$$

همان‌طور که در شکل ۲ مشاهده می‌گردد، d مختصات بالاترین نقطه (hgt) در منطقه اشتراک و برخورد دو تابع عضویت $\mu_{\widetilde{M}_1}$ و $\mu_{\widetilde{M}_2}$ می‌باشد. برای مقایسه M1 و M2 محاسبه هر دو مقدار $V(\widetilde{M}_2 \geq \widetilde{M}_1)$ و $V(\widetilde{M}_1 \geq \widetilde{M}_2)$ ضروری است (۷ و ۲۷).

گام ۷- درجه احتمال بزرگ‌تر بودن یک عدد فازی محدب (M) از K عدد فازی محدب دیگر (Mi : i = 1.2.….k) به‌صورت زیر تفکیک می‌شود (۷ و ۲۲):

$$\begin{aligned} d'(A) = V(M \geq M_1.M_2.\ldots.M_k) &= V[(M \geq M_1)\ and\ (M \geq M_2) \text{and} \ldots\ldots \text{and} (M \geq M_k)] \\ &= \min V(M \geq M_i) \qquad i = 1.2.\ldots\ldots k \end{aligned} \qquad (۱۱)$$

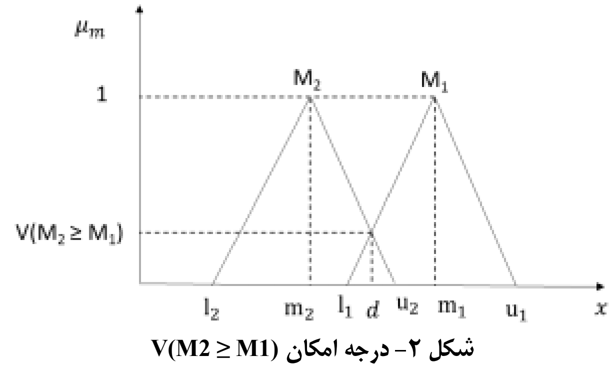
گام ۸- با نرمال کردن بردار وزن‌ها، وزن‌های غیر فازی به دست می‌آیند (۷ و ۲۷).

$$w = \left[\frac{d'(A_1)}{\sum_{i=1}^{n} d'(A_i)}.\frac{d'(A_2)}{\sum_{i=1}^{n} d'(A_i)}.\ldots.\frac{d'(A_n)}{\sum_{i=1}^{n} d'(A_i)}\right]^{T} \qquad (۱۲)$$

در این رابطه A_i بیانگر معیار یا گزینه i ام از جدول ماتریس مقایسات زوجی فازی می‌باشد. به‌این‌ترتیب با استفاده از رابطه ۱۲ وزن نهایی گزینه‌ها به دست می‌آید. با تکرار این فرآیند، اوزان معیار و زیرمعیارها نیز به دست می‌آیند.

گام ۹- ترکیب اوزان: با ترکیب وزن‌های گزینه و معیارها، وزن‌های نهایی به دست می‌آید.

لازم به یادآوری است که سازگاری ماتریس‌های مقایسه زوجی در فرآیند تحلیل سلسله مراتبی یکی از مهم‌ترین موضوعاتی است که بایستی همواره در فرآیند تصمیم‌گیری لحاظ شود. گاگوس و بوچر (۱۹۹۸) روشی را برای محاسبه درجه سازگاری ماتریس‌های مقایسه-های زوجی فازی ارائه نموده‌اند (۱۲). در این روش به‌منظور بررسی سازگاری، لازم است از هر ماتریس مقایسه زوجی $\tilde{A}_{nn}$، دو ماتریس مجزا A^{g} و A^{m} تشکیل شود. ماتریس A^{m} از مقادیر میانی ترجیحات هر خبره (مقادیر میانی اعداد فازی مثلثی)، $A^{m} = [a_{ijm}]$ حاصل می‌گردد. ماتریس دوم A^{g}، نیز از میانگین هندسی حد بالا و حد پایین اعداد فازی مثلثی ایجاد می‌شود:



شکل ۲- درجه امکان (V(M2 ≥ M1

Figure 2- Possibility degree

$$A^g = \sqrt{a_{iju} \cdot a_{ijl}} \quad (۱۳)$$

که در آن a_{ijl} حد پایین عدد اولویت معیار i ام در مقابل معیار j ام، a_{ijm} حد وسط عدد اولویت معیار i ام در مقابل معیار j ام، a_{iju} حد بالای عدد اولویت معیار i ام در مقابل معیار j ام می‌باشد.

برای یافتن نرخ سازگاری، بردار وزن هر یک از این دو ماتریس باید محاسبه شود. از آنجا که این ماتریس‌ها شامل داده‌های عددی (غیر فازی) هستند، می‌توان از روش ساعتی برای محاسبه بردار وزن آن‌ها استفاده نمود. لذا، بردارهای اوزان، W^m و W^g از روابط ذیل به دست می‌آیند:

$$w^m = (w_i^m) \quad where \quad w_i^m = \frac{1}{n}\sum_{j=1}^{n}\frac{a_{ijm}}{\sum_{i=1}^{n} a_{ijm}} \quad (۱۴)$$

$$w^g = (w_i^g) \quad where \quad w_i^g = \frac{1}{n}\sum_{j=1}^{n}\frac{\sqrt{a_{iju} \cdot a_{ijl}}}{\sum_{i=1}^{n}\sqrt{a_{iju} \cdot a_{ijl}}} \quad (۱۵)$$

که در این روابط n بعد ماتریس است. بزرگ‌ترین مقدار ویژه (λ_{max}) برای هرکدام از ماتریس‌ها از روابط ذیل محاسبه می‌شود:

$$\lambda_{max}^m = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n} a_{ijm}\frac{w_j^m}{w_i^m} \quad (۱۶)$$

$$\lambda_{max}^g = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n} \sqrt{a_{iju} \cdot a_{ijl}}\frac{w_j^g}{w_i^g} \quad (۱۷)$$

طبق روش ساعتی، شاخص سازگاری (CI) که انحراف از سازگاری کامل را نشان می‌دهد، به ترتیب ذیل محاسبه می‌گردد (۱۲ و ۲۲):

$$CI^m = \frac{(\lambda_{max}^m - n)}{(n-1)} \quad (۱۸)$$

$$CI^g = \frac{(\lambda_{max}^g - n)}{(n-1)} \quad (۱۹)$$

در این روابط CI^m شاخص سازگاری مقادیر میانی اعداد فازی مثلثی و CI^g شاخص سازگاری حد بالا و پایین اعداد فازی مثلثی می‌باشد. با محاسبه نرخ ناسازگاری (CR) برای دو ماتریس بر اساس روابط زیر آن‌ها را با آستانه ۰/۱ مقایسه می‌کنیم:

$$CR^m = \frac{CI^m}{RI^m} \quad (۲۰)$$

$$CR^g = \frac{CI^g}{RI^g} \quad (۲۱)$$

در این روابط RI^m شاخص نسبت یک ماتریس تصادفی مقادیر میانی اعداد فازی مثلثی و RI^g شاخص نسبت یک ماتریس تصادفی حد بالا و پایین اعداد فازی مثلثی می‌باشد، که با استفاده از اطلاعات ارائه شده در جدول ۲ به دست می‌آید. شاخص‌های تصادفی CR^m و CR^g توسط گاگوس و بوچر در سال ۱۹۹۸ ارائه شده است. درصورتی‌که هر دو نرخ ناسازگاری هر ماتریس مقایسه زوجی کمتر از ۰/۱ بودند، ماتریس فازی سازگار است. درصورتی‌که هر دو بیشتر از ۰/۱ بودند، از تصمیم‌گیرنده تقاضا می‌شود تا در اولویت‌های ارائه شده تجدیدنظر نماید و درصورتی‌که تنها CR^g یا CR^m بیشتر از ۰/۱ بود، تصمیم‌گیرنده تجدیدنظر در مقادیر میانی (حدود) قضاوت‌های فازی را انجام می‌دهد (۱۲).

جدول ۲- شاخص‌های تصادفی (RI)

Table 2- Random Indicators (RI)

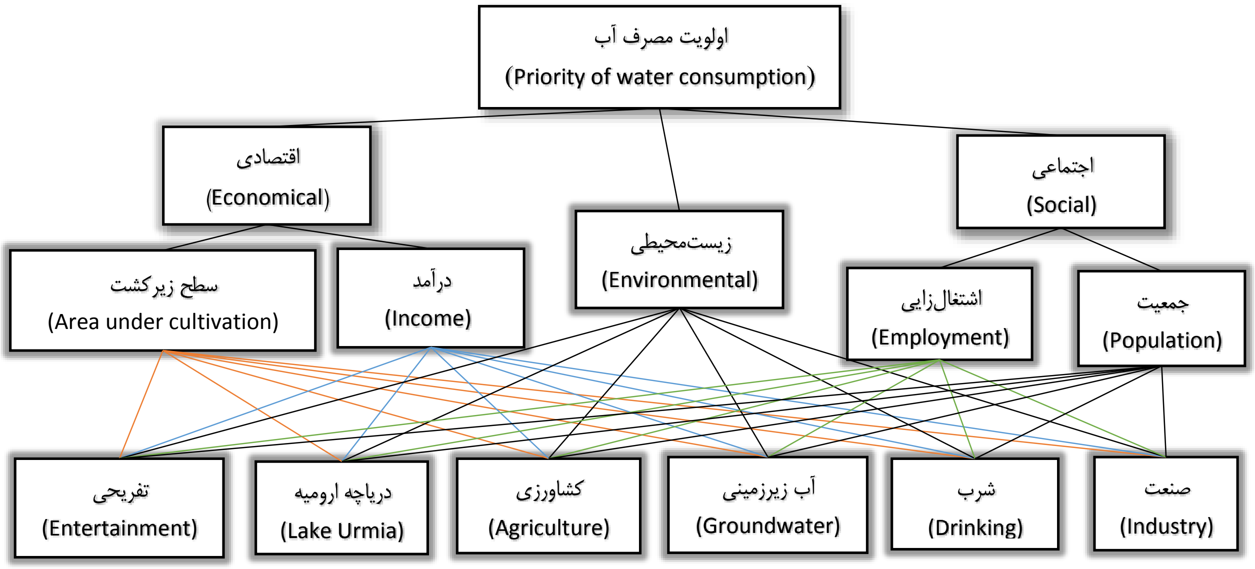
اندازه ماتریس (Matrix size)	RI^m	RI^g
1	0	0
2	0	0
3	0.49	0.18
4	0.79	0.26
5	1.03	0.36
6	1.20	0.38
7	1.29	0.41
8	1.34	0.42
9	1.38	0.43
10	1.41	0.46
11	1.42	0.45
12	1.45	0.48
13	1.46	0.47
14	1.49	0.48
15	1.50	0.48

مدل توسعه داده شده در این مطالعه مطابق مراحل زیر انجام پذیرفته است. در مرحله اول ساختار مسئله با تعیین اولویت تخصیص آب بهره‌برداران، معیارها، زیرمعیارها و سایر عوامل تعیین گردید و سپس سلسله مراتب تصمیم‌گیری بر مبنای ساختمان مسئله (هدف، معیارها، زیرمعیارها، عوامل و گزینه‌ها به ترتیب در سطح اول تا پنجم) تعریف شد. نموگرام ساختار سلسله مراتبی اولویت تخصیص سد شهرچای در شکل ۳ ارائه شده است. در ساختار اولویت‌بندی مذکور، هدف در سطح اول یعنی تخصیص بهینه یا مناسب آب سد مخزنی شهرچای برای بهره‌برداران مختلف تعیین شده و در سطح دوم، سه معیار اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی به‌عنوان معیارهای اصلی منظور شده است. در سطح سوم، "سطح زیر کشت منطقه و درآمد ناخالص" و "اشتغال‌زایی و جمعیت" به ترتیب به‌عنوان زیرمعیارهای دو معیار اقتصادی و اجتماعی در نظر گرفته شده است. بهره‌برداران اصلی یعنی بخش‌های کشاورزی، شرب شهری، تفریحی و گردشگری، صنعت، نیاز محیط‌زیستی دریاچه ارومیه و آب زیرزمینی سطح چهارم (گزینه‌ها) ساختار مسئله تشکیل داده است. در مرحله بعد بر اساس داده‌های میدانی یا پرسشنامه‌ها معیارها، زیرمعیارها و عوامل به‌صورت دوبه‌دو با استفاده از مقایسه‌های زبانی و فازی پیشنهادی در جدول ۱، مورد مقایسه قرار گرفتند و اولویت مصرف آب نسبت به هر معیار یا زیرمعیار یا عامل به ازای اعداد مثلثی فازی تعیین و رتبه وزنی‌ها هرکدام آن‌ها با استفاده از روش توسعه‌ای چانگ برآورد گردید. در مرحله سوم رتبه‌بندی نهایی

اولویت تخصیص آب بر اساس وزن نهایی معیارها یا اولویت‌ها در مرحله قبل تعیین و گزینه برتر مشخص شده است. ضمناً در انتها یک آنالیز حساسیت تغییر وزن معیارها و فرآیند تصمیم‌گیری در مسئله انجام پذیرفته است.

نتایج و بحث

در این بخش، نتایج مراحل مختلف تحلیل سلسله مراتبی فازی اولویت‌بندی تخصیص آب سد مخزنی شهرچای مطابق ۹ گام روش حل ارائه شده است. جدول ۳ مقادیر ماتریس مقایسه زوجی و مقادیر برآوردی میانگین حسابی، مجموع عناصر و ترکیب فازی (نرمالیزه شده) بر اساس داده میدانی و روابط ۱ الی ۴ را نشان می‌دهد. ضمناً مقادیر حداکثر نرخ ناسازگاری CR^m و CR^g ماتریس‌های مقایسه زوجی حاصل به ترتیب برابر ۰/۰۱۹ و ۰/۰۱۳ (کمتر از ۰/۱) به دست آمده که نشان‌دهنده سازگاری قضاوت یا نظر شرکت‌کنندگان بوده و استفاده از داده‌های میدانی را در ادامه فرآیند تحلیل بلامانع نموده است. جدول ۴ نیز مقادیر برآوردی درجه ارجحیت یا ارزش جزئی و وزن‌های غیر فازی یا نهایی سه معیار اقتصادی، اجتماعی و محیط‌زیست را بر اساس روابط ۱۰ تا ۱۲ نشان می‌دهد. نتایج حاصل نشان می‌دهد که معیار اقتصادی با بیشترین وزن نهایی یعنی ۰/۴۷ و با اختلاف قابل توجهی از دو معیار دیگر نقش اصلی و ویژه در اولویت‌بندی مصرف آب در محدوده مطالعاتی داشته و معیار محیط‌زیست نیز با وزن نهایی بیش از دو برابر معیار اجتماعی در رتبه بعدی قرار گرفته است.



شکل ۳- ساختار سلسله مراتبی به‌منظور اولویت‌بندی تخصیص آب بهره‌برداران یا مصرف‌کنندگان سد شهرچای
Figure 3- Hierarchical structure in order to prioritize the allocation of water to users or consumers of Shahrchai Dam

جدول ۳- ماتریس مقایسه‌های دوبه‌دوی معیارها
Table 3- Pairwise comparison matrix of criteria

	اقتصادی Economical	اجتماعی Social	زیست‌محیطی Environmental	مجموع Total	نرمالیزه شده Normalized
اقتصادی (Economical)	(1.00,1.00,1.00)	(1.00,2.00,2.00)	(1.00,1.50,1.50)	(3.00,4.50,4.5)	(0.26,0.44,0.59)
اجتماعی (Social)	(0.50,0.50,1.00)	(1.00,1.00,1.00)	(0.50,0.50,1.00)	(2.00,2.00,3.00)	(0.17,0.19,0.39)
زیست‌محیطی (Environmental)	(0.67,0.67,1.00)	(1.00,2.00,2.00)	(1.00,1.00,1.00)	(2.67,3.67,4.00)	(0.23,0.36,0.52)
مجموع (Total)				(7.67,10.67,11.50)	

جدول ۴- محاسبه درجه ارجحیت زیرمعیارها نسبت به اولویت مصرف آب

Table 4- Calculating preference degree of sub-criteria relative to water consumption priority

	اقتصادی Economical	اجتماعی Social	زیست‌محیطی Environmental	درجه بزرگ‌تری نهایی Greater degree of finality	اوزان نرمالیزه شده Normalized weights
اقتصادی (Economical)	-	1.00	1.00	1.00	0.47
اجتماعی (Social)	0.35	-	0.49	0.35	0.16
زیست‌محیطی (Environmental)	0.76	1.00	-	0.76	0.36
مجموع (Total)				2.11	1.00

مراحل محاسبات فوق جهت وزن‌دهی و تعیین وزن نهایی معیارهای سه‌گانه مسئله، برای زیرمعیارها (سطح زیر کشت، درآمد، اشتغال‌زایی و جمعیت) و گزینه‌های (تفریحی، حقابه دریاچه ارومیه، کشاورزی، آب زیرزمینی، شرب و صنعت) مسئله نیز انجام‌گرفته و نتایج آن یعنی ماتریس مقایسه زوجی و نرمالیز شده برای زیرمعیارهای اقتصادی و اجتماعی به ترتیب در جدول‌های ۵ و ۶ ارائه شده است. بر اساس نتایج، اولویت‌بندی زیرمعیارها (جدول ۷) بیانگر رتبه اول کسب درآمد یا بازده اقتصادی در تخصیص آب منطقه مطالعاتی است. لازم به ذکر است که وزن‌های قطعی غیر فازی یا نهایی زیرمعیارها از حاصل‌ضرب وزن نهایی جزئی آن‌ها در وزن نهایی معیارها حاصل‌شده است. ماتریس مقایسه زوجی گزینه‌های هریک از زیرمعیارها در جدول ۸ ارائه شده است. بر اساس نتایج ماتریس مقایسه زوجی (جداول ۵، ۶ و ۸) نرخ ناسازگاری تمام زیرمعیارها و گزینه‌ها کمتر از ۰/۱ بوده که نشان از سازگاری داده‌های میدانی برای تکمیل فرایند اولویت‌بندی مصارف آب سد مخزنی شهرچای است. وزن جزئی هر یک از گزینه‌ها برای هر یک از زیرمعیارها در جدول ۹ ارائه شده است.

وزن نهایی هر یک از گزینه‌ها که حاصل ترکیب خطی وزن‌های نسبی گزینه، زیرمعیارها و معیارها به دست آمده ، به ترتیب سه اولویت اول تخصیص آب سد مخزنی شهرچای را شرب، کشاورزی و محیط‌زیست تعیین نموده (شکل ۴) که در راستای تأکید بر پایه‌های اصلی یک توسعه پایدار (زندگی، تولید و محیط‌زیست) در منطقه مطالعاتی است.

جدول ۵- میانگین مقایسه‌های زوجی زیرمعیارها

Table 5- Average of couple comparisons of sub-criteria

اقتصادی (Economical)	درآمد Income	سطح زیر کشت Area under cultivation	مجموع Total	نرمالیزه شده Normalized weights
درآمد (Income)	(1.00,1.00,1.00)	(1.00,1.50,1.50)	(2.00,2.50,2.50)	(0.44,0.60,0.68)
سطح زیر کشت (Area under cultivation)	(0.67,0.67,1.00)	(1.00,1.00,1.00)	(1.67,1.67,2.00)	(0.37,0.40,0.55)
مجموع (Total)			(3.67,4.17,4.50)	

جدول ۶- میانگین مقایسه‌های زوجی زیرمعیارها

Table 6- Average of couple comparisons of sub-criteria

اجتماعی Social	جمعیت Population	اشتغال‌زایی Employment	مجموع Total	نرمالیزه شده Normalized weights
جمعیت (Population)	(1.00,1.00,1.00)	(0.50,0.50,1.00)	(1.50,1.50,2.00)	(0.30,0.33,0.57)
اشتغال‌زایی (Employment)	(1.00,2.00,2.00)	(1.00,1.00,1.00)	(2.00,3.00,3.00)	(0.40,0.67,0.87)
مجموع (Total)			(3.50,4.50,5.00)	

جدول ۷- وزن جزئی یا نرمالیز شده و وزن نهایی هر زیرمعیار

Table 7- Partial or normalized weight and final weight of each sub-criterion

معیار Criterion	اجتماعی Social		اقتصادی Economical	
زیرمعیار (Under the criteria)	جمعیت (Population)	اشتغال‌زایی (Employment)	درآمد (Income)	سطح زیر کشت (Area under cultivation)
وزن جزئی (Partial weight)	0.254	0.746	0.749	0.251
وزن قطعی (Definite weight)	0.042	0.123	0.355	0.119

جدول ۸- میانگین مقایسه‌های زوجی گزینه‌ها

Table 8- Average of couple comparisons of options

زیست‌محیطی Environmental	کشاورزی Agriculture	آب زیرزمینی Groundwater	صنعت Industry	دریاچه ارومیه Lake Urmia	شرب Drinking	تفریحی Entertainment
کشاورزی (Agriculture)	(1.00,1.00,1.00)	(1.00,1.50,1.50)	(1.00,2.00,2.00)	(0.25,0.29,0.33)	(0.25,0.29,0.33)	(0.67,0.67,1.00)
آب زیرزمینی (Groundwater)	(0.67,0.67,1.00)	(1.00,1.00,1.00)	(1.00,1.50,1.50)	(0.50,0.50,1.00)	(0.25,0.29,0.33)	(1.00,2.00,2.00)
صنعت (Industry)	(0.50,0.50,1.00)	(0.67,0.67,1.00)	(1.00,1.00,1.00)	(0.25,0.29,0.33)	(0.25,0.29,0.33)	(0.50,0.50,1.00)
دریاچه ارومیه (Lake Urmia)	(3.00,3.50,4.00)	(1.00,2.00,2.00)	(3.00,4.00,4.50)	(1.00,1.00,1.00)	(1.00,2.00,2.00)	(3.00,3.50,4.00)
شرب (Drinking)	(3.00,3.50,4.00)	(3.00,3.50,4.00)	(3.00,4.00,4.50)	(0.50,0.50,1.00)	(1.00,1.00,1.00)	(3.00,3.50,4.00)
تفریحی (Entertainment)	(1.00,1.50,1.50)	(0.50,0.50,1.00)	(1.00,2.00,2.00)	(0.25,0.29,0.33)	(0.25,0.29,0.33)	(1.00,1.00,1.00)
	سازگار(Compatible)		CR^g =0.081		CR^m =0.046	

درآمد Income	کشاورزی Agriculture	آب زیرزمینی Groundwater	صنعت Industry	دریاچه ارومیه Lake Urmia	شرب Drinking	تفریحی Entertainment
کشاورزی (Agriculture)	(1.00,1.00,1.00)	(3.00,3.50,4.00)	(1.00,2.00,2.00)	(3.00,3.50,4.00)	(1.00,2.00,2.00)	(3.00,3.50,4.00)
آب زیرزمینی (Groundwater)	(0.25,0.29,0.33)	(1.00,1.00,1.00)	(0.25,0.29,0.33)	(1.00,2.00,2.00)	(0.50,0.50,1.00)	(1.00,1.50,1.50)
صنعت (Industry)	(0.50,0.50,1.00)	(3.00,3.50,4.00)	(1.00,1.00,1.00)	(3.00,3.50,4.00)	(1.00,2.00,2.00)	(3.00,3.50,4.00)
دریاچه ارومیه (Lake Urmia)	(0.25,0.29,0.33)	(0.50,0.50,1.00)	(0.25,0.29,0.33)	(1.00,1.00,1.00)	(0.25,0.29,0.33)	(0.50,0.50,1.00)
شرب (Drinking)	(0.50,0.50,1.00)	(1.00,2.00,2.00)	(0.50,0.50,1.00)	(3.00,3.50,4.00)	(1.00,1.00,1.00)	(3.00,3.50,4.00)
تفریحی (Entertainment)	(0.25,0.29,0.33)	(0.67,0.67,1.00)	(0.25,0.29,0.33)	(1.00,2.00,2.00)	(0.25,0.29,0.33)	(1.00,1.00,1.00)
	سازگار(Compatible)		CR^g =0.045		CR^m =0.032	

سطح زیر کشت Area under cultivation	کشاورزی Agriculture	آب زیرزمینی Groundwater	صنعت Industry	دریاچه ارومیه Lake Urmia	شرب Drinking	تفریحی Entertainment
کشاورزی (Agriculture)	(1.00,1.00,1.00)	(1.00,2.00,2.00)	(1.00,2.00,2.00)	(1.00,2.00,2.00)	(1.00,2.00,2.00)	(3.00,3.50,4.00)
آب زیرزمینی (Groundwater)	(0.50,0.50,1.00)	(1.00,1.00,1.00)	(1.00,2.00,2.00)	(0.50,0.50,1.00)	(0.50,0.50,1.00)	(3.00,3.50,4.00)
صنعت (Industry)	(0.50,0.50,1.00)	(0.50,0.50,1.00)	(1.00,1.00,1.00)	(0.50,0.50,1.00)	(0.50,0.50,1.00)	(3.00,3.50,4.00)
دریاچه ارومیه (Lake Urmia)	(0.50,0.50,1.00)	(1.00,2.00,2.00)	(1.00,2.00,2.00)	(1.00,1.00,1.00)	(1.00,2.00,2.00)	(3.00,3.50,4.00)
شرب (Drinking)	(0.50,0.50,1.00)	(1.00,2.00,2.00)	(1.00,2.00,2.00)	(0.50,0.50,1.00)	(1.00,1.00,1.00)	(3.00,3.50,4.00)
تفریحی (Entertainment)	(0.25,0.29,0.33)	(0.25,0.29,0.33)	(0.25,0.29,0.33)	(0.25,0.29,0.33)	(0.25,0.29,0.33)	(1.00,1.00,1.00)

(Compatible)سازگار CR^g =0.035 CR^m =0.046

جمعیت Population	کشاورزی Agriculture	آب زیرزمینی Groundwater	صنعت Industry	دریاچه ارومیه Lake Urmia	شرب Drinking	تفریحی Entertainment
کشاورزی (Agriculture)	(1.00,1.00,1.00)	(0.22,0.25,0.33)	(3.00,3.50,4.00)	(0.50,0.50,1.00)	(0.50,0.50,1.00)	(3.00,3.50,4.00)
آب زیرزمینی (Groundwater)	(3.00,3.50,4.00)	(1.00,1.00,1.00)	(3.00,4.00,4.50)	(1.00,2.00,2.00)	(1.00,2.00,2.00)	(3.00,4.00,4.50)
صنعت (Industry)	(0.25,0.29,0.33)	(0.25,0.29,0.33)	(1.00,1.00,1.00)	(0.25,0.29,0.33)	(0.25,0.29,0.33)	(1.00,2.00,2.00)
دریاچه ارومیه (Lake Urmia)	(1.00,2.00,2.00)	(0.50,0.50,1.00)	(3.00,3.50,4.00)	(1.00,1.00,1.00)	(0.50,0.50,1.00)	(3.00,3.50,4.00)
شرب (Drinking)	(1.00,2.00,2.00)	(0.50,0.50,1.00)	(3.00,3.50,4.00)	(1.00,2.00,2.00)	(1.00,1.00,1.00)	(3.00,3.50,4.00)
تفریحی (Entertainment)	(0.25,0.29,0.33)	(0.22,0.25,0.33)	(0.50,0.50,1.00)	(0.25,0.29,0.33)	(0.25,0.29,0.33)	(1.00,1.00,1.00)

(Compatible)سازگار CR^g =0.083 CR^m =0.049

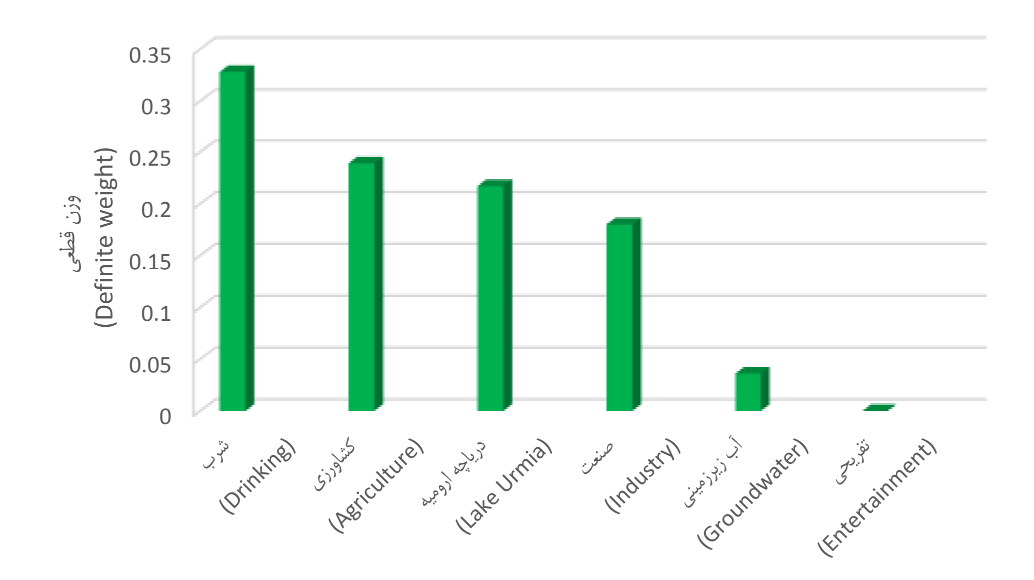
اشتغال‌زایی Employment	کشاورزی Agriculture	آب زیرزمینی Groundwater	صنعت Industry	دریاچه ارومیه Lake Urmia	شرب Drinking	تفریحی Entertainment
کشاورزی (Agriculture)	(1.00,1.00,1.00)	(3.00,3.5,4.00)	(1.00,2.00,2.00)	(3.00,3.50,4.00)	(1.00,2.00,2.00)	(3.00,3.50,4.00)
آب زیرزمینی (Groundwater)	(0.25,0.29,0.33)	(1.00,1.00,1.00)	(0.50,0.50,1.00)	(0.67,0.67,1.00)	(0.50,0.50,1.00)	(1.00,1.50,1.50)
صنعت (Industry)	(0.50,0.50,1.00)	(1.00,2.00,2.00)	(1.00,1.00,1.00)	(3.00,3.50,4.00)	(1.00,2.00,2.00)	(3.00,3.50,4.00)
دریاچه ارومیه (Lake Urmia)	(0.25,0.29,0.33)	(1.00,1.50,1.50)	(0.25,0.29,0.33)	(1.00,1.00,1.00)	(0.25,0.29,0.33)	(0.50,0.50,1.00)
شرب (Drinking)	(0.50,0.50,1.00)	(1.00,2.00,2.00)	(0.50,0.50,1.00)	(3.00,3.50,4.00)	(1.00,1.00,1.00)	(3.00,3.50,4.00)
تفریحی (Entertainment)	(0.25,0.29,0.33)	(0.67,0.67,1.00)	(0.25,0.29,0.33)	(1.00,2.00,2.00)	(0.25,0.29,0.33)	(1.00,1.00,1.00)

(Compatible)سازگار CR^g =0.047 CR^m =0.088

جدول ۹- وزن جزئی هر آلترناتیو نسبت به زیرمعیار مربوطه

Table 9- The partial weight of each alternative relative to the relevant sub-criterion

زیرمعیار Under the criteria	سطح زیر کشت Area under cultivation	درآمد Income	اشتغال‌زایی Employment	جمعیت Population	زیست‌محیطی Environmental
کشاورزی (Agriculture)	0.275	0.412	0.44	0.138	0
آب زیرزمینی (Groundwater)	0.162	0	0	0.406	0
صنعت (Industry)	0.127	0.356	0.31	0	0
دریاچه ارومیه (Lake Urmia)	0.237	0	0	0.205	0.50
شرب (Drinking)	0.199	0.232	0.25	0.252	0.50
تفریحی (Entertainment)	0	0	0	0	0



شکل ۴- وزن نهایی گزینه‌های نسبت به کلیه معیارها، زیرمعیار

Figure 4- Final weight of options for all criteria, sub-criteria

نتیجه‌گیری

در مقاله حاضر یک مدل تصمیم‌گیری مبتنی بر رویکرد فازی برای رتبه‌بندی گزینه‌های مختلف استفاده‌کننده از آب سد شهرچای ارائه شده است. برای این منظور، در ابتدا با استفاده از نظر کارشناسان و محققین، جمع‌بندی نتایج پرسشنامه‌ای، معیارها و زیرمعیارها و گزینه‌های مهم در تخصیص آب سد شهرچای تعیین شد. در ادامه با استفاده از تحلیل توسعه‌ای چانگ، گزینه‌های مختلف بر اساس معیارها، زیرمعیارها و عوامل مذکور مورد ارزیابی قرار گرفت. با توجه به نتایج محاسبات انجام شده، معیار اقتصادی با بیشترین وزن در اولویت اول قرار گرفت. از نظر علمی به دلیل اینکه پرسشنامه‌ها به افراد متخصص و دارای مسئولیت سازمانی ارائه شده بود، معیار اقتصادی در اولویت بالایی قرار دارد، لذا می‌توان به نتیجه‌گیری کلی در خصوص معیارها در نگرش‌های اقتصادی و مسائل مرتبط با آن اهمیت زیادی داد. روند وزن‌دهی برای هر زیرمعیار به همین ترتیب تکرار شد و اهمیت هرکدام، برای گزینه‌های مربوطه به دست آمد. وزن‌های نهایی هر گزینه نیز با ضرب وزن جزئی هر زیرمعیار در معیار مربوطه به دست آمد. نتایج کلی نشان داد که گزینه بخش شرب با بیشترین وزن در اولویت اول و در اولویت‌های بعدی بخش کشاورزی و دریاچه ارومیه قرار گرفتند. یکی از اهداف احداث سد شهرچای مربوط به تأمین آب شرب و کشاورزی بوده است. بخش شرب یک عامل حیاتی برای بقای یک جامعه می‌باشد و به دلیل اینکه آب شرب شهرستان ارومیه از طریق سد شهرچای تأمین می‌گردد، بنابراین

تخصیص آب به این بخش باید در اولویت نخست قرار گیرد. بخش کشاورزی نیز با اهمیتی کمتر در اولویت دوم قرار گرفت. عرضه آب به این بخش به‌طور مستقیم به اقتصاد بخش کشاورزی و به‌طور غیر مستقیم به کل اقتصاد منطقه اثری معنی‌دار دارد، که بیانگر اهمیت بخش کشاورزی در اقتصاد و شرایط زیستی منطقه و تخصیص آب به این بخش می‌باشد. با مقایسه فعالیت‌های کشاورزی و صنعتی در حوضه آبریز شهرچای، بیشترین فعالیت در منطقه، کشاورزی بوده و صنعت در اولویت پایین‌تری قرار دارد که نتایج سلسله مراتبی نیز بیان‌کننده این موضوع می‌باشد. به دلیل اینکه رودخانه شهرچای یکی از تأمین‌کننده‌های حقابه دریاچه ارومیه می‌باشد تخصیص آب به این بخش باعث بهبود شرایط دریاچه و به‌تبع آن بهبود شرایط زیست-محیطی و اقتصادی و اجتماعی منطقه می‌باشد. نتایج نیز حاکی از اهمیت بخش دریاچه ارومیه نسبت به صنعت بوده و بالاتر قرار گرفتن آن، نشان از توجه کارشناسان به بحران خشک شدن دریاچه ارومیه دارد. تغذیه آب زیرزمینی معمولاً از طریق رودخانه و اراضی کشاورزی صورت می‌گیرد، چون شرب و کشاورزی نسبت به تغذیه آب زیرزمینی از اولویت بالاتری برخوردار هستند، به نظر می‌رسد متخصصین در پرسشنامه‌ها با اطلاع از اینکه جریان آب در رودخانه و در شبکه کشاورزی باعث تغذیه آب زیرزمینی می‌شود، اهمیت کمتری برای این گزینه نسبت به سایر گزینه‌ها در نظر گرفته‌اند. با توجه به موارد ذکر شده فرآیند تحلیل سلسله مراتبی فازی می‌تواند به‌عنوان ابزاری مناسب در نظام‌مند کردن تصمیم‌گیری‌های کلان در مدیریت منابع آب مورد استفاده قرار گیرد.

منابع

1- Abbassinia M., Kalatpour O., Motamedzade M., Soltanian A., and Mohammadfam I. 2020. A fuzzy analytic hierarchy process-TOPSIS framework for prioritizing emergency in a petrochemical industry. Archives of Trauma Research 9(1): 35-40.
2- Abdul Rahman N.S.F., Ismail A., Othman M.K., Mohd Roslin R.A., and Lun Y.H.V. 2018. Decision making technique for analysing performance of Malaysian secondary ports. International Journal of Shipping and Transport Logistics 10(4): 468–496.
3- Amini Shadbad SA. The zoning of flood in the river using the hydraulic model. Master's thesis, University of Urmia.2008. (In Persian with English abstract)
4- Ayhan M.B. 2013. A fuzzy AHP Approach for supplier selection problem. International Journal of Managing Value and Supply Chains 4(3): 11–23.
5- Azarnivand A., Hashemi-Madani FS., and Banihabib ME. 2015. Extended fuzzy analytic hierarchy process approach in water and environmental management. Environment Earth Science 73: 13–26.
6- Bahmanpouri S., and Soltani GH. 2019. Application of fuzzy hierarchical analysis method in integrated water resources management Neyriz city.Journal of Agricultural Economics Research 10(4): 105-124. (In Persian with English abstract)
7- Chang D.Y. 1992. Extent Analysis and Synthetic Decision, Optimization Techniques and Applications, World Scientific, Singapore, 1-352.
8- Chuntian C. 1999. Fuzzy optimal model for the flood control system of the upper and middle reaches of the Yangtze River. Journal Hydrological Sciences 44(4): 573–582.
9- Fu G. 2006. A fuzzy optimization method for multicriteria decision making: an application to reservoir flood control operation. Journal Expert Systems with Applications 34(1): 145-149.
10- Ertugrul I., and Karakasoglu N. 2009. Performance evaluation of Turkish cement firms with fuzzy an alytic hierarchy process and TOPSIS methods. Expert Systems with Applications 36: 702–715.
11- Ghasemi A., and Danesh Sh. 2012. Fuzzy hierarchical analysis method for determining the optimal choice desalination of brackish water. Journal of Water and Soil 26(4): 999–1009. (In Persian with English abstract)
12- Gogus O., Boucher T. 1998. Strong transitivity, rationality and weak monotonicity in fuzzy pairwise comparisons. Fuzzy Sets and Systems 94(1): 133–144.
13- Karamooz M. 2005. Planning and utilization and allocation of water quality and quantity management with an emphasis on conflict resolution. Applied Research Projects, Water Resources Management, Technical Assistance and Research, 210. (In Persian)
14- Khashei-siuki A., Ghahraman B., and Kouchakzadeh, M. 2011. Evaluation of potential water harvesting aquifer using fuzzy AHP. J. of Water Research, 9 (5): 171-180.
15- Khashei-Siuki A., Keshavarz A., and Sharifan H. 2020. Comparison of AHP and FAHP methods in determining suitable areas for drinking water harvesting in Birjand aquifer Iran. Groundwater for Sustainable Development, 10.
16- Husseini Farazmand M. 2000. Mathematical Modeling utilization of water resources in Karkheh. Master thesis, School of Management, University of Tarbiat Modarres.
17- Laarhoven P.J.M., and Pedrycz W. 1983. A fuzzy extension of Saaty’s priority theory. Fuzzy Sets and Systems 11: 229–241.

18- López-Moreno J.I., Begueria S., and Garcia-Ruiz J.M. 2002. Influence of the Yesa Reservoir on floods of the Aragon River Central Spanish Pyrenees. Journal Hydrology and Earth System Sciences 6(4): 753-762.
19- Lu L., Zhi-Hua Shi., Wei Y., Dun Z., Sai Leung N., G., Chong-Fa, C., and A-Lin L. 2009. A fuzzy analytic hierarchy process (FAHP) approach to eco-environmental vulnerability assessment for the danjiangkou reservoir area. China, Ecological Odelling 220: 3439-3447.
20- Mei X., Rosso R., Huang GL., and Nie GS. 1989. Application of analytical hierarchy process to water resources policy and management in Beijing. China. Proceedings of the Baltimore Symptoms 73-85.
21- Nader H., Sabouhi M., and Mohammad A. 2013. Optimal allocation of water from the incorporation of multi-purpose dam of Mahabad using fuzzy hierarchical analysis and planning. Journal of Soil and Water 22(4): 1-3. (In Persian with English abstract)
22- Omidi1 F., and Homaee M. 2016. Using different numerical schemes for assessing water productivity. 2ndWorld Irrigation Forum (WIF2).
23- Othman M., Shaiful Fitri N., Rahman A., Ismail A., and Saharuddin A. 2019. Factors contributing to the imbalances of cargo flows in Malaysia large-scale minor ports using a fuzzy analytical hierarchy process(FAHP) approach. The Asian Journal of Shipping and Logistics 36(3): 113-126.
24- Rohollahi A.R. 2011. Estimate the unconfined aquifer hydrodynamic optimal detetion method using genetic algorithm. M.Sc. hesis, Department of Water Engineering. Faculty of Agriculture, University of Birjand, 185. (In Persian with English abstract)
25- Sasikumar K., and Mujumdar P.P. 1998. Fuzzy optimization model for water quality management of a river system. Journal Water Resources Planning and Management 124(2): 79-80.
26- Sepand S., Chitsazan M., Ragzan K., and Mirzai Y. 2005. Use of remote sensing and GIS to determine potential water Lale plain. Geomatics Conference in Tehran, Tehran University, Tehran. (In Persian) De Bruijn KM. 2005. Resilience and flood risk management; A systems approach aplied to lowland rivers, 216 pp
27- Shaher H., and Daniela F. 2019. Comparison of several decision making techniques. International Journal of Information Technology & Decision Making 18(05): 1551-1578.
28- Shahraki A., Shahraki J., and Hashemi Monfared A. 2016. Investigating the management approaches of water resources exploitation in the region (FAHP) 9(21): 73-98. (In Persian with English abstract)
29- Talebi E. 2013. Prioritization of Gheshlagh Dam Water Allocation Using Analysis Fuzzy Hierarchy (FAHP). Master Thesis in Civil Engineering majoring University, Maragheh Branch. (In Persian with English abstract)
30- Zadeh L.A. 1965. Fuzzy sets. Information and Control 8(3): 199–249.
31- Zebardast A.2001. Application of analytical hierarchy process (AHP) in urban and regional planning program. Fine Arts Journal 10: 13-21.

Journal of Water and Soil
Vol. 35, No. 6, Feb.-Mar. 2022, p. 763-778

نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۵، شماره ۶، بهمن – اسفند ۱۴۰۰، ص. ۷۷۸-۷۶۳

Optimal Allocation of Surface Storage Tanks Using Fuzzy Hierarchy Method (Case Study: Shahrchay Storage Dam in Urmia)

E. Rezaei[1]- M. Montaseri[2]*- H. Rezaei[3]
Received: 23-02-2021
Accepted: 22-11-2021

Introduction: Prioritization of optimal water allocation of surface flow storage dams for different applications (drinking, agriculture, industry, environment, etc.) in arid and semi-arid regions such as Iran due to the range of changes, high flow uncertainty Reservoir inlets, and the occurrence of intermittent droughts are of great importance. For this purpose, the Fuzzy Hierarchy Process (FAHP) is proposed and used as a suitable formulation method in prioritizing water allocation in the water resources system. Therefore, in this study, prioritization of water allocation for different purposes of Shahrchai reservoir dam located upstream of Urmia metropolis has been done in a field study using fuzzy hierarchical method.

Materials and Methods: A fuzzy hierarchical process based on quantitative and qualitative effective factors has been developed. In the first stage, the problem structure was designed by determining the priority of water allocation of users, criteria, sub-criteria, and other factors. Then the decision-making hierarchy based on the problem structure (purpose, criteria, sub-criteria, factors, and options in the first to fifth levels, respectively) was defined. In the mentioned prioritization structure, the goal was determined at the first level, ie the optimal or appropriate allocation of Shahrchay reservoir dam water for different operators, and at the second level, three economic, social and environmental criteria were considered as the main criteria. At the third level, " cultivation area and gross income" and "employment and population" were considered as sub-criteria of two economic and social criteria, respectively. The main beneficiaries, namely agriculture, urban drinking, recreation and tourism, industry, environmental needs of Lake Urmia and groundwater fourth level (options) have formed the problem structure. At the next step, based on the field data or questionnaires, criteria, sub-criteria, and factors were compared in pairs using the proposed linguistic and fuzzy comparisons, and the priority of water consumption over each criterion or sub-criterion or factor were compared based on fuzzy triangular numbers. The weights were determined and ranked each using the Chang development method. At the third stage of the final ranking, the priority of water allocation was determined based on the final weight of criteria or priorities at the previous stage and the superior option was determined. Finally, a sensitivity analysis of the weight change of the criteria and the decision-making process of the problem has been performed.

Results and Discussion: A decision model based on a fuzzy approach is presented to rank the different options using Shahrchay dam water. For this purpose, firstly, using the opinions of experts and researchers, the results of a questionnaire, criteria and sub-criteria and important options in allocating water to Shahrchai Dam were determined. Secondly, using Chang's development analysis, different options were evaluated based on the mentioned criteria, sub-criteria, and factors. From a scientific point of view, because the questionnaires were presented to experts, the economic criterion is a high priority, so it is possible to attach great importance to the general conclusion about the criteria in economic attitudes and related issues. In addition, the allocation of water to the urban drinking sector with a weight of 0.33 was as the top priority, agriculture, Lake Urmia, industry, groundwater, and recreation were in the next priorities, respectively. Therefore, economic criteria and drinking water supply were recognized as the main objectives of planning and managing water resources in the metropolis of Urmia. The drinking sector is a vital factor for the survival of a community and because the drinking water of Urmia city is supplied through Shahrchai dam, so the allocation of water to this sector should be considered as the top priority. The agricultural sector was also given the second priority with less importance. The supply of water to this sector has a significant direct effect on the economy of the agricultural sector and indirectly on the entire economy of the region, which indicates the importance of the agricultural sector in the economy, living conditions of the region and the allocation of water to this sector. Comparing agricultural and industrial activities in Shahrchai catchment area, the most activity in the region is agriculture and industry is in a lower priority,

1, 2 and 3- M.Sc. in Water Resources Engineering and Professors, Department of Water Engineering, Urmia University, Urmia, Iran, respectively.
(*- Corresponding Author Email: m.montaseri@urmia.ac.ir)
DOI: 10.22067/JSW.2021.68472.1018

which is also shown by the hierarchical results. Since Shahrchai River is one of the suppliers of water to Lake Urmia, the allocation of water to this section improves the condition of the lake and, consequently, it improves the environmental, economic, and social conditions of the region. The results also indicate the importance of Lake Urmia in relation to industry and its higher status indicates the attention of officials to the drying crisis of the Lake Urmia.

Keywords: FAHP; Fuzzy; Shahrchay Dam; Water allocation